프랙탈 부호화를 이용한 영상 영역 분할에 관한 연구
- 고속 영역 분할법 -

유현배[†] · 박지환[††]

요 약

프랙탈 영상 부호화의 새로운 응용 분야인 프랙탈 영역 분할법의 YST방법은 주기점에 의한 라벨 붙이기와 프랙탈 변환에 의한 라벨 수정을 병용한 영역 분할법을 제안하였다. 그러나 이 개선법은 영역 분할의 질적인 개선은 가능하였으나, 여전히 라벨 붙이기와 라벨 수정의 과정에서 중복성이 남아 있다. 이 문제점의 해결 방안으로 본 논문에서는 궤도에 따른 라벨 붙이기와 프랙탈 변환의 반복 과정에 관한 제약 조건을 제안한다.

A Study on Image Segmentation using Fractal Image Coding
- Fast Image Segmentation Scheme -

Hyun-bea You[†] and Ji-hwan Park[††]

ABSTRACT

For a method improving fractal image segmentation which is a new application of fractal image coding, YST scheme have proposed an image segmentation scheme using labeling based on periodic points of pixel transformation and error-correction of labels by iterating fractal transformation. The scheme generates the high quality segmentation, however, it has the redundancy in the process of labeling and correction of labels. To solve this problem, we propose a labeling algorithm based on orbit of pixel transformation and restricted condition on iterating process of fractal transformation.

1. 서 론

방대한 양의 영상데이터를 인터넷 등에서 이용할 경우 통신비용의 절감과 효과적인 저장미디어의 이용을 위해서 영상의 정보 압축 기술은 필요 불가결하다. 그 대표적인 기술로서 직교 변환 방식과 벡터양자화 등이 있다. 그러나 기존의 압축 기법들은 영상을 기하학적으로 다루지 않았기 때문에 압축된 데이터는 적절한 좌표계로 변환된다. 따라서 압축된 영상에 어떠한 가공을 실행하기 위해서는 한 번의 완전한 복원이 필요하게 된다.

현재 새로운 영상 부호화로서 프랙탈 부호화(fractal image coding)가 고압축 가능성으로 폭넓게 연구되고 있다. 프랙탈 부호화는 초기에 2치 영상(binary image)과 선 영상(line image)의 압축 방식으로서 검토되었다[1-3]. 더욱이 Jacquin은 프랙탈 변환[LIFS : Local Iterated Function System]을 제안하여 프랙탈 부호화를 농담 영상(gray scale image)으로 확장하였다[4,5]. 현재에는 정지 영상 압축의 국제 표준 방식인 JPEG와 경합이 가능할 정도의 압축율이 얻어졌다.

한편, Ida[6,7]는 프랙탈 변환을 기술하는 프랙탈 부호의 일부에 대상 영상의 영역 및 윤곽 부분에 관한 유효한 정보가 포함되어 있음을 지적하고, 영상 평면상의 역화소 변환(이후 확대 변환으로 부른다)의 반복을 이용한 프랙탈 영상 영역 분할법(Ida 영역 분할법)을 제안했다. 그후, Ida 영역 분할법의 문제점

† 정회원, 부경대학교 BK21산업자동화 및 정보통신분야인력육성사업단
†† 종신회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

을 지적하여 주기점 분류에 의한 라벨 붙이기(labeling)와 프랙탈 변환에 의한 라벨 수정을 병용하는 Ida 영역 분할법의 개선법인 YST 영역 분할법[8]이 제안되었다. 그러나 YST 영역 분할법은 주기점 분류에 의한 라벨 붙이기와 프랙탈 변환의 적용에 있어서 계산 과정의 중복성이 여전히 존재한다.

따라서, 본 논문에서는 확대 변환의 반복에서 얻어지는 궤도에 따른 라벨 붙이기와 프랙탈 변환의 적용에 관한 제약 조건을 제시한다. 그 결과, 「주기점 분류의 고속화」 및 「프랙탈 변환의 고속화」에 의하여 YST 영역 분할법의 고속화를 이루었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 LIFS부호화, 프랙탈 영상 영역 분할법 및 YST 영역 분할법을 간략히 소개하고, 3장에서 YST 영역 분할법의 고속화를 제안한다. 그리고 4장에서는 제안법의 효율성을 수치 실험 결과로 보여주고 5장에서 결론을 기술한다.

2. 프랙탈 영상 영역 분할

2.1 LIFS 부호화

일반적으로 LIFS 부호화법[2,3]은 다음과 같은 순서에 의해 나타낼 수 있다.

(1) 이산 영상

$f=\{f_q : q\in Q=\{0,1,\ldots,H\}\times\{0,1,\ldots,V\}\}$

의 격자 Q을 서로 중복하지 않는 정방형의 레인 지(range block) $\{R_i\}_{i=1}^{I}$로 분할한다.

(2) j의 다른 위치에서 생성된 정방형의 도메인(domain block) D_i에 적절한 변환과, R_i을 근사 하는 조작

$$R_i \approx \tau_i D_i$$

을 고려하여 최적의 근사를 갖는 D_i 및 τ_i 을 탐색한다.

여기서, D_i을 R_i의 근사 블록에 가공하는 변환 τ_i은 국소 변환(local transformation)이라 부른다. 구체적으로 도메인 R_i의 휘도 $\{f_q : q\in R_i\}$는

• 4화소로 구성된 정방형 블록 B상에서 휘도의평균을 구하는 조작

$$\mu_i B=\frac{\sum_{q\in B} f_q}{4}$$

• D_i상의 서로 중복하지 않는 블록 $B(\subset D_i)$을 R_i상에서 상관 관계가 있는 화소 q에 대응시키는 화소 변환(그림1 참조)

$$\zeta_i : \mu_i B \mapsto q \ , \ D_i=\sum_{k=1}^{K} B_k$$

• 휘도를 축소하여 정수를 가산하는 휘도 변환

$$\phi_i : f_q \mapsto \alpha_i f_q+\beta_i,\ |\alpha_i|<1,\ \beta_i\in R^1$$

을 이용해서 $\{\tau_i D_i\}=\{\phi_i\mu_i\zeta_i B : B\subset D_i\}$로 나타낼 수 있다. 그리고 모든 국소 변환으로부터 구성된 변환

$$\tau : f\mapsto \tau f=\bigcap_{i=1}^{I}\{\phi_i\mu_i\zeta_i q : q\in R_i\}$$

을 프랙탈 변환이라고 한다. 만일, 모든 레인지에 대하여 적절한 도메인과 휘도 변환이 결정되어 있고 프랙탈 변환 τ에 의한 대상 영상 j의 상 (image)이 $\tau f\approx j$을 만족한다면, 임의의 영상 g에 대해서 $\tau^{\infty}g=f^{*}\approx j$가 부동점 정리에 의해 성립한다[2,3]. 따라서 j에 가까운 극한상 f^{*}을 생성하는 축소 변환 τ_i을 소수의 매개변수(parameter)로 기술함으로서 영상 j는 부호화되고, 프랙탈 변환의 반복에 의해 f^{*}의 디코딩(decoding)이 가능하게 된다.

2.2 영역 분할의 원리

프랙탈 영역 분할법[6,7]은 프랙탈 변환의 일부인 화소 변환의 역학적인 성질을 이용한 것이다.

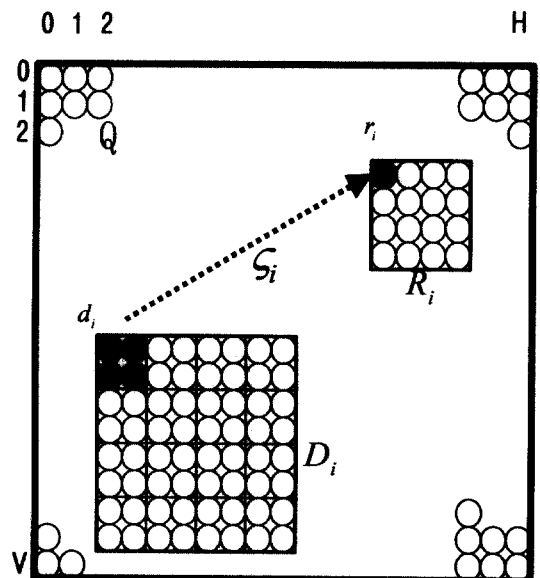



그림 1. 2차원 격자 Q상의 화소 변환

먼저, 2차원 격자 Q을 2차원 실수 평면

$$S=[0, H+1]\times[0, V+1]$$

과 대응시켜, 화소 변환 ζ_i의 역 변환 ζ_i^{-1}을 S상의 확대 변환

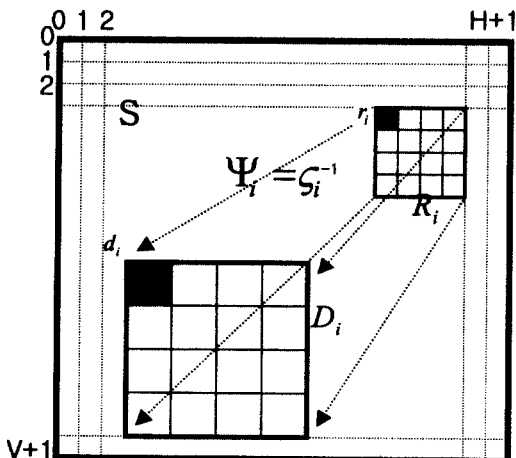
$$\Psi : x \mapsto 2(x-r_{\omega(x)})+d_{\omega(x)}\ ,\ x\in S$$

으로 정의한다(그림2 참조). 여기서 $\omega(x)$는 점 x을 포함하고 있는 레인지 번호이다. 벡터 $d_{\omega(x)}=(\delta_x, \delta_y)$과 $r_{\omega(x)}=(\delta_x', \delta_y')$은 도메인 D_i와 레인지 R_i의 좌측 상단의 화소 좌표를 각각 의미한다. 변환 Ψ은 대부분의 점에서 가로와 세로의 양방향으로 확대하는 성질이 있다. 따라서 이것에 의한 차분 역학계

$$x_t=\Psi x_{t-1},\ \ x\in S, t\geq 0$$

의 모든 주기점은 불안정한 불변 집합이 되고, 그 주변 궤도의 불안정성과 변환의 대역적인 구조에 의해 가산의 주기점와 비주기점을 포함하는 Maratto의 카오스적인 불변 집합 Λ이 생성되는 경우가 있다[9]. 더욱이 Λ가 관측되기 위해서는 Λ의 근방에 있어서 궤도를 지배하는 유한 폐집합(트래핑 영역:trapping region) T가 존재하여

$$\Lambda\subset\Psi T\subset T^{\text{in}}$$

을 만족할 필요가 있다. 단, T^{in}는 T의 내부를 나타낸다. 이와 같은 트래핑 영역을 갖는 카오스적인 불변 집합은 S상에서 여러 개가 존재하며, 대부분의 점 x는 시간의 경과 후에 어느 쪽인가의 트래핑 영역 $\{T_n\}_{n=0}^{N}$에 흡인되게 된다. 즉 S전체가 T_n에 흡인되는 점의 전체(Basin:베이신)

$$B_n=\{x: \Psi^t x\in T_n^{\text{in}},\ \ t\geq 0\},\ \ n=1,2,\ldots,N$$

에 의하여 분할이 가능하게 된다.

Ida는 프랙탈 변환의 축소성과 다양성을 약화시키는 구속 조건

- 휘도 축소율(Scaling)에 관한 조건 : $\alpha=0.9$
- 휘도 이동(Shift)에 관한 조건 : $\beta\in[0,30]$
- 화소 변환에 관한 조건 : 축소율은 가로와 세로 각각 1/2배. 등장 변환(isometric transformation)은 사용 않음.
- 도메인에 관한 조건 : 레인지가 $L\times L$화소로 구성된 경우, 도메인의 선택 범위는

$$-2L\leq\delta_x-\delta_x',\ \delta_y-\delta_y'\leq 2L$$

을 제시하였다. 이러한 조건상의 프랙탈 변환에서는 그림3에서와 같이, 경계에 관하여 가장 적절한 도메인은 이것을 포함하도록 결정되는 경향이 강하기 때문에 경계를 내포하도록 환상의 도메인 집합이 형성되게 된다((R^o, D^o) : 경계 외부의 레인지와 도메인). 그러나 경계를 제외한 영역에서는 경계에서 교차하지 않도록 내부 및 외부에서 독립적으로 도메인이 결정된다 ($(R^{\text{in}}, D^{\text{in}})$: 경계 내부의 레인지와 도메인, (R^e, D^e) : 경계 외부의 레인지와 도메인). 따라서 축소성 및 다양성이 약화된 프랙탈 변환에 의해 결정된 변환 Ψ은 영상의 각 경계에서는 트래핑 영역의

그림 2. 2차원 실평면 S상의 확대 변환

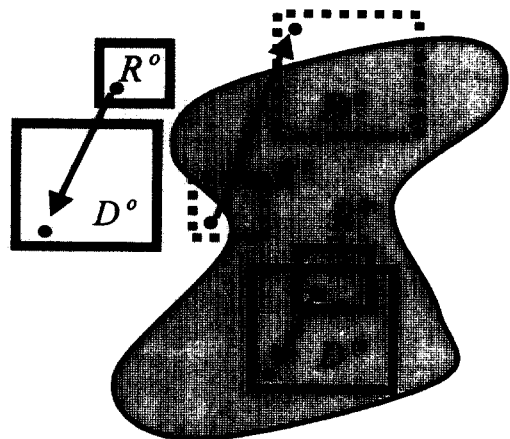



그림 3. 레인지와 도메인의 이상적인 위치 관계

형성을 어렵게 하고 그 밖의 부분에서는 용이하게 함으로써 영상의 영역 분할이 가능하도록 한다.

Ida의 영역 분할법은 다음의 세 단계 처리로 구성되어 있다.

(1) 실수평면 S상에 초기의 집합

$$G=\{G_q=q+(0.5,0.5)\ :\ q\in Q\}\subset S$$

을 설정하여 충분하게 큰 $M>0$에 의하여 상을

$$\Psi^M G=\{\Psi^M G_q\ :\ q\in Q\}$$

계산한다. 위의 상 $\Psi^M G$은 모든 트래핑 영역 $\{T_n\}_{n=1}^{N}$에 대하여

$$\Psi^M G\subset\bigcup_{n=1}^{N}T_n^i$$

이 성립시키는 트래핑 영역을 갖는 카오스적 불변 집합들의 합의 근사가 된다.

(2) 상 $\Psi^M G$에 대해서 LBG 알고리즘[10]을 적 용하여 2차원 평면 S을 보로노이(voronoi) 분할 한다. 이때 초기 중심점(centroid)은 S 상에 동 일 간격으로 배치되고 그 수는 사전에 설 정 한다.

(3) 궤도 $\Psi^M G_q$가 포함되는 보로노이 영역의 라 벨을 화소 q의 라벨 L_q로 설정함으로써 영역(라 벨 영상) $\{L_q\ :\ q\in Q\}$이 얻어진다.

2.3 YST 영역 분할법

Ida의 영역 분할에서는 실수 평면상의 확대 변환을 이용한 부동점 연산에 의해 궤도의 계산을 실행하고 있다. 그러나 변수 Ψ의 반복을 컴퓨터로 실행시키는 경우, 부동 소수점 연산은 컴퓨터 내부 구조와 계산량의 양 측면에서 군더더기(redundancy)가 될 수 있다. 또한, 트래핑 영역을 갖는 카오스적 불변 집합에 라벨 붙이기를 하는 경우, LBG 알고리즘을 이용하기 때문에 초기 중심점(centroid)의 조건에 따라 결과가 변화하게 된다. 따라서, 격자 Q상에서 정의된

$$\overline{\Psi}: q\in Q\ \mapsto\ \overline{\Psi}_q=2(q-r_{\pi(q)})+d_{\pi(q)}\in Q$$

을 이용하여 그 주기점에 의해 라벨 붙이기를 실행함으로서 이러한 문제를 해결 할 수 있다. 궤도 $\overline{\Psi}_q^i$는 주기점 또는 과도(transition) 상태를 포함한 주기점(과도 주기점)[11]의 어느 한쪽에 한정되며, 연속 상태에서 존재하고 있던 카오스적 불변 집합은 모두 주기점과 과도 주기점으로 분해된다.

한편, 변환 Ψ과 변환 $\overline{\Psi}$에는 1개의 화소를 4화소로 항상 확대시키는 성질이 있기 때문에 초기에 인접했던 서로 다른 2개의 화소가 변환의 반복에 의해서 멀어지고, 서로 다른 2종류의 라벨이 붙여질 가능성이 있다. 따라서 단일 영역으로 분리되어야 할 영역에 2종류 이상의 라벨이 혼합되어 존재하거나 영역의 경계 분리가 극히 모호하게 되기도 한다. 그러나 변환 Ψ의 역 과정을 라벨 영상에서 4화소를 1화소에 합체시키는 프랙탈 변환

$$\bar{\tau}\ :\{L_p;\ p\in Q\}\mapsto\bigcup_{i=1}^{I}\{\nu_L\phi_i q\ :q\in R_i\}$$

으로 정의함으로써 정확한 라벨이 판정될 수 있다. $\nu_L B$는 정방 블록 B상에서 가장 많은 수의 라벨을 구하는 조작이다. 더욱이 한 번 수렴한 라벨 영상에서의 고립점 및 가지(branch)를 제거하는 영상 처리의 병용은 라벨 영상의 불충분한 수렴 상태를 제거할 수 있다. 그림4는 Ida[7]의 영역 분할법과 YST 영역 분할법[8]의 결과를 각각 나타내고 있다.

3. LIFS 영상 영역 분할의 고속화

YST 기법[8]은 영역 분할의 질적인 개선을 목표로 검토되었기 때문에 계산량의 중복성이 여전히 문제로 남아 있다. 본 논문에서는 YST 알고리즘을 수정하여 영역 분할의 계산량의 중복성을 제거하는 방법을 제안하고 수치 실험을 통하여 그 유효성을 제시한다.

3.1 주기점 분류에 대한 고속화

2장에서의 주기점 분류에 의한 라벨 붙이기는 각각의 화소에서 주기점을 구하여 그 주기점의 최대 라벨을 구하는 것으로 라벨 붙이기를 실행하였다. 그러나 동일한 주기점을 갖는 화소에 대한 라벨 붙이기는 주기점의 주기 t^*를 구하는 계산 및 주기점의 최대 라벨을 구하는 계산에 있어서 동일한 계산이 중복되는 문제가 발생한다. 즉, 한 번 계산된 주기점(과도 주기점) 및 그 주기점의 라벨 붙이기의 계산은 확대 변환이 실행되는 영역에 포함될 때마다 반복된다. 따라서 확대 변환 $\overline{\Psi}$에 의한 궤도 $\overline{\Psi}q^i$마다 라벨 붙이기를 실행함으로써 계산의 중복성이 제거될 수 있다.

(a) (b) (c)

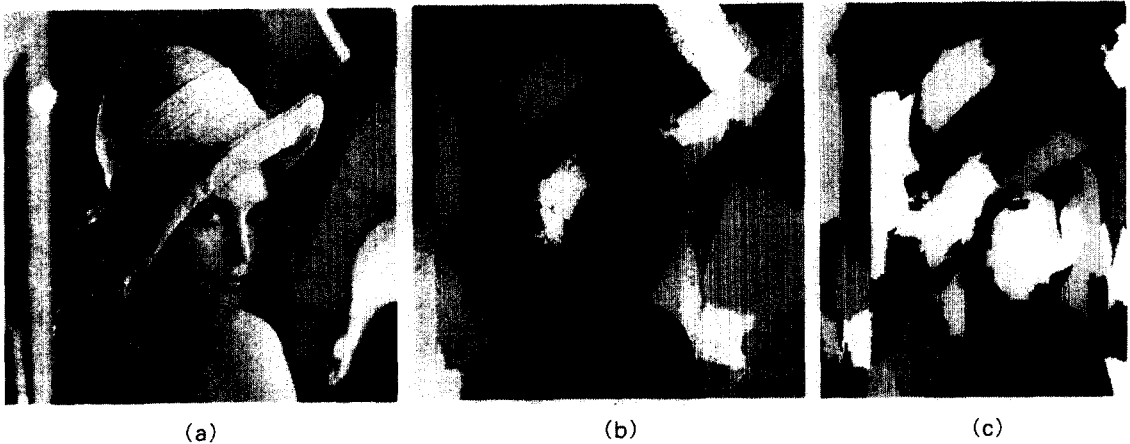



그림 4. (a) 영상 "Lena", (b) Ida의 영역 분할, (c) YST[8]의 영역 분할

다음은 화소의 라벨 붙이기의 수정된 알고리즘이다.

STEP1: 중복하지 않는 정수치를 휘도로 하는 임의의 라벨 영상 $\{O(q): q\in Q\}$을 준비한다.

STEP2: 화소 $q\in Q$에 관해서 확대 변환을 최대 M회 실행함으로써 과도(transition)를 종료시킨 다. 이때 확대 변환의 반복 과정 중에 그 사상 점의 라벨이 임의의 정수치에 수렴할 경우, 라벨 $L_{\overline{\Psi q}^m}$ $(m<M)$이 결정되면 확대 변환을 m 회로 종료시킨다.

STEP2-1: 사상점 $\overline{\Psi q}^m$의 라벨 $L_{\overline{\Psi q}^m}$을 화 소 q의 라벨 L_q로 한다.

STEP2-2: 또 다시 화소 $q\in Q$에 대해서 확대 화소 변환 $\overline{\Psi}$을 m회 실행해서 라벨 L_q을 그 궤도 $\overline{\Psi}^t q(t=1,2,\dots,m)$의 라벨로 결정한다. 그리고 STEP4를 실행한다.

STEP3: 화소 q의 라벨이 m회에서 결정되지않을 경우에는 M회로 변환의 반복 과정(transition)을 종료시켜 하나의 주기점 $p_0=\Psi^M q$ 을 구한 후, 다음의 과정을 실행한다.

STEP3-1: 주기점으로부터 주기

$$t^* = \min\{t: p_0 = \Psi^M p_0\}$$

을 구한다.

STEP3-2: 주기점 p_0의 최대 라벨

$$\max_{t=0,1,\dots,t^*} O(\overline{\Psi p_0}^t)$$

을 화소의 라벨로 결정한다.

STEP3-3: 또 다시 화소 q에 대하여 확대 변 환 $\overline{\Psi}$을 M회 실행한다.

STEP3-4: 사상점 $\overline{\Psi q}^M$까지의 궤도상에 존 재하는 화소의 라벨을 L_q로 결정한다.

STEP4: 화소 q의 라벨 붙이기를 끝낸다.

모든 화소에 대해서, 위의 과정을 수행함으로써 라벨 영상 $\{L_q: q\in Q\}$을 생성한다.

3.2 프랙탈 변환에 의한 라벨 수정의 고속화

프랙탈 변환의 축소성과 다양성을 약화시키는 구속 조건에 의하여 경계의 내부와 외부에서는 도메인의 중복이 빈번하게 발생한다. 이러한 프랙탈 변환을 라벨 수정에 적용하는 경우, 프랙탈 변환의 반복에 의해 생성된 라벨 영상은 점진적으로 수렴하게 되며, 프랙탈 변환의 반복 횟수가 증가함에 따라 라벨의 변경이 없는 영역이 발생한다. 따라서 프랙탈 변환의 적용을 라벨의 변경이 있는 영역으로 제한하도록 라벨 붙이기의 알고리즘을 수정할 필요가 있다. 본 논문에서는 도메인의 라벨이 갱신되지 않은 레인지에 대해서는 다음의 프랙탈 변환을 적용하지 않음으로서 변환의 반복 과정에서 발생하는 계산의 중복성을 제거하였다.

먼저, 라벨 영상에 관한 프랙탈 변환을 1회 실행한다. 이 때 각각의 도메인에 포함되는 레인지를 조사하여 레인지와 그 도메인이 포함하고 있는 레인지를 관련시킨다. 예를 들면 그림5과 같이 레인지 R_i와 도메인 D_i가 결정되어 있다고 가정하자. 도메인 D_i가

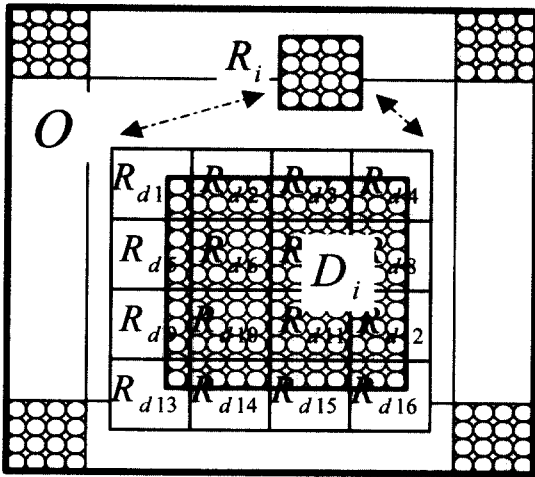



그림 5. 도메인에 포함된 레인지

포함하고 있는 레인지는 $R_{d1}, R_{d2}, \ldots, R_{d15}, R_{d16}$가 되고 이 레인지들을 레인지 R_i와 관련시킨다. 다음 회부터의 라벨 영상에 프랙탈 변환을 실행하는 경우에 라벨 변경이 있는 레인지가 발생하면 다음 회에서도 그 레인지와 관련된 레인지에는 프랙탈 변환을 적용한다. 그러나 도메인이 포함하고 있는 레인지의 라벨이 변경되지 않으면 그 도메인과 대응하는 레인지에는 다음 회부터는 프랙탈 변환을 적용하지 않는다.

관련 연구[8]에서는 고립점 및 가지(branch)의 제거를 위하여 모든 화소 q에 대해서 화소 q의 8화소 근방 $\triangle_q$에서 라벨 L_q을 갖는 화소 수가 2개 이하인 경우에 화소 q의 라벨을 $\nu_L \triangle_q$로 갱신하는 처리를 실행하였다. 그러나 예비 실험 결과에서 본 논문의 실험 영상인 "Lena"와 "Girl"에 있어서, 고립점과 가지의 수의 비율은 각각 0.038 %, 0.017 % 정도로서 그다지 많지 않기 때문에 위의 처리 과정이 최종 영역 분할의 결과에 큰 영향을 주지 못한다. 따라서 본 논문에서는 화소 q의 4(상하좌우)화소의 라벨이 화소 q의 라벨 L_q와 하나라도 다를 경우에 제한하여 위의 처리 과정을 실행하도록 알고리즘을 수정했다.

4. 수치 실험 및 고찰

표1의 실험 환경에서 본 제안 방식의 수치 실험을 실행한다. 대상 영상은 "Lena"(그림4 (a), 512×512 화소, 256계조)와 "Girl"(그림6, 256×256 화소, 256계조)로 한다. 레인지의 크기는 "Lena"의 64화소, "Girl"의 16화소로 한다.

표 1. PC성능

CPU	Pentium II 450Mhz
OS	FreeBSD
메모리	DIMN SD-RAM(PC100) 128M

그림 6. 영상 "Girl"

주기점에 의한 라벨 붙이기에 있어서 확대 변환의 최대 반복 횟수는 $M = 200$로 한다. 본 제안알고리즘에서는 대부분의 화소가 확대 변환에 의해 라벨이 결정된 화소에 포함되어 지거나, 이미 라벨이 결정된 화소로 된다. 따라서 주기점을 구하는 계산은 라벨의 총 수의 정도 밖에 실행되지 않는다. 표2에서 그 차이를 명확하게 보여주고 있다. 또 그림7은 "Lena"의 모든 화소 수 262,144 중에 최초로부터 3,000화소까지 주기점의 분류에 의해서 라벨 붙이기를 하였을 때, 라벨이 결정된 화소 수를 그래프로 나타낸 것이다. 표3은 라벨 영상에 있어서 프랙탈 변환에 의한 라벨 수정의 실행 시간을 나타내고 있다. 제안법의 실행 시간은 YST 기법[8]보다는 약1/2정도로 고속화가 이루어 졌다.

본 제안 알고리즘에 있어서 첫 회의 프랙탈 변환의 적용에서는 레인지와 레인지를 관련시키는 처리

표 2. 주기점 분류에 의한 라벨 붙이기의 처리 속도

	영상 "Lena"	영상 "Girl"
YST[8]	1.72초	0.59초
제안법	0.14초	0.047초

로서 계산량이 증가하기 때문에 루프 1회마다의 평균 처리 시간을 초과하는 처리 시간을 필요로 하고 있다. 또 고립점 제거의 처리를 행한 후의 루프에도 모든 레인지에서 프랙탈 변환을 실행하도록 하고 있기 때문에 처리시간은 길어지게 된다. 그러나 라벨의 총 수가 감소함에 따라서 화소의 갱신이 감소하면서 계산량도 감소하게 된다. 또 YST 기법[8]에서는 어느 루프에서도 처리시간에 큰 변화는 없다. 이것은 모든 레인지에 대해서 프랙탈 변환을 실행하기 때문이다. 그림8은 프랙탈 변환의 반복 회수를 가로로 하고, 그 반복 회수에서 프랙탈 변환이 실시되었던 레인지의 수를 세로로 설정한 그래프이다. 본 제안 알고리즘에서는 반복 회수가 증가함에 따라 계산량이 감소하고 있음을 알 수 있다.

본 논문의 알고리즘에서는 고립점 제거의 처리를 실행하는 경우 고립점 및 분기점의 가능성이 있는 화소에 한정하여 고립점 제거의 처리를 실행한다. YST 기법[8]에서는 모든 화소에 대해서 고립점 제거의 처리를 실행한다. 따라서 표4와 표5는 고립점 처리 수에 따라 두 알고리즘의 차를 잘 나타내어 주

그림 7. 라벨 붙이기에 의하여 결정된 화소의 총합

그림 8. 프랙탈 변환이 실행된 레인지 수
(■:고립점 소거의 단계)

고 있다. 실제, 본 제안 알고리즘에서 고립점 처리를 실행하는 것은 고립점, 분기점 혹은 영역과 영역의 경계에 한정한 것이다.

5. 결 론

현재, 새로운 영상 부호화법으로서 프랙탈(LIFS) 부호화가 폭넓게 연구되어 있다. 그러나 부호화 효율 향상, 영상의 품질 향상, 고속 계산법의 3개의 관점에 의한 압축법으로서의 검토가 대부분이었다. Ida[6,7]는 프랙탈 변환을 기술하는 프랙탈 부호의 일부에 대상 영상의 영역 및 윤곽 부분에 유효한 정보가 포함되어 있음을 지적하고 영상 평면상의 확대 변환의 반복을 이용한 영상 영역 분할법을 제안하였다. Ida의 영역 분할법은 LIFS부호화에 의해 생성된 영상에서는 화소 단위로 라벨이 붙여진 영역을 간단하게 얻어지는 장점을 갖고 있다. 뿐만 아니라 LIFS부호화를 영역 형태에 기반을 둔 고도의 부호화법으로 발전시키기 위한 기본 원리로서도 주목할 가치가 있다.

표 3. 영상 "Lena"과 영상 "Girl"를 이용한 프랙탈 변환의 반복 처리시간

고립점 제거 회수	Lena				Girl			
	처리시간(초)		루프 회수		처리시간(초)		루프 회수	
	제안법	YST[8]	제안법	YST[8]	제안법	YST[8]	제안법	YST[8]
1	0.49	1.13	24	23	0.107	26	0.188	22
2	0.26	0.84	14	18	0.057	20	0.150	21
3	0.21	0.80	11	17	0.036	11	0.071	10
루프 1회당 평균 처리 시간	0.019	0.047			0.0035	0.0077		

표 4. 영상 "Girl"를 이용한 고립점 제거의 처리시간

고립점 제거 회수	처리시간(초)		루프 회수		고립점 처리 회수	
	제안법	YST[8]	제안법	YST[8]	제안법	YST[8]
1	0.065	0.064	9	6	170,099	387,096
2	0.097	0.092	15	9	252,637	580,644
3	0.034	0.092	5	9	86,417	580,634
루프 1회당 평균 처리 시간	0.006	0.010				

표 5. 영상 "Lena"를 이용한 고립점 제거의 처리시간

고립점 제거 회수	처리시간(초)		루프 회수		고립점 처리 회수	
	제안법	YST[8]	제안법	YST[8]	제안법	YST[8]
1	0.11	0.25	6	6	163,513	1,560,600
2	0.13	0.28	7	7	185,287	1,820,700
3	0.16	0.38	9	9	235,842	2,340,900
루프 1회당 평균 처리 시간	0.0181	0.0413				

본 논문은 YST 기법[8]에서 계산 과정에서의 중복성의 문제점을 고찰하여 주기점의 분류에 의한 라벨 붙이기 및 프랙탈 변환에 의한 라벨 수정의 고속화를 제안하였다. 그리고 수치 실험에 의하여 제안 방법이 매우 유효하다는 결과를 얻었다. 주기점 분류에 의한 라벨 붙이기의 고속화에서는 확대 변환으로 얻어진 궤도를 한 번의 라벨 붙이기를 실행하여 YST[8]의 처리 시간이 1/10정도로 고속화가 이루어졌다. 또한 프랙탈 변환에 의한 라벨 수정의 고속화에서는 도메인이 포함하고 있는 레인지의 화소에 변경이 없는 경우는 프랙탈 변환을 적용하지 않도록 하고 계속해서 화소의 라벨이 변화하는 영역에서는 프랙탈 변환을 적용하도록 함으로서 YST[8]의 처리 시간을 약 1/2까지 고속화되었다. 금후, 실제 계산량의 비교 검토 등을 실행함으로서 보다 정성적인 성능 평가를 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] M.Barnsley, "Fractals Everywhere", Academic press, San Diego, 1988.

[2] M.Barnsley and L.P. Hurd, "Fractal Image Compression", Wellesley, MA : AK Peter, 1993.

[3] Y.Fisher, "Fractal Image Compression", Springer Verlag. 1995.

[4] A.Jacquin, "A Novel Fractal Blocking-coding Technique for Digital Image", Proc. ICASSP '90, pp.2225-2228, 1990.

[5] A.Jacquin, "Fractal Image Compression : A review", Proc. IEEE, Vol.81, pp.1451-1465, Oct. 1993.

[6] T.Ida and Y.Sambnsugi, "Image Segmentation using Fractal Coding", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, pp.567-570, Vol.5, No.6, Dec. 1995.

[7] T.Ida and Y.Sambnsugi, "Image Segmentation and Contour Detection Using Fractal Coding", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, pp.968-975, Vol.8, No.8, December 1998.

[8] H.You, N.Shiraki and R.Tokunaga, "Image Segmentation via Fractal Transformation -Improving the Ida's Image Segmentation Scheme-"(in Japanese), IEICE Vol.J82-A, No12, pp.1793-1800, Dec. 1999.

[9] F.R.Maratto, "Snap-Back Repellers Imply Chaos in R^n", Journal of Mathemetical Analysis & Applications, Vol.63, pp.199-223, 1978.

[10] Y.Linde, A.Buzo and R.M.Gray, "An Algorithm for Vector Quantizer Design", IEEE Trans. Commun., Vol.COM-28, pp.84-95, Jan. 1980.

[11] R.L.Devaney, "An Introduction to Chaotic Dynamical Systems Second Edition", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.

유 현 배

1992년 부경대학교 응용수학과 졸업(이학사)
1994년 부경대학교 대학원 응용수학과(이학석사)
2000년 Tsukuba대학 대학원 공학연구과 (공학박사)
2000년 3월~2001년 1월 일본 통신종합연구소(CRL) 연구원
2000년 2월~현재 부경대학교 BK21산업자동화및정보통신 인력양성사업단 연구원
관심분야 : 영상처리 및 이해, 가상현실, 프랙탈 기초 및 응용

박 지 환

1990년 3월 일본 요코하마국립대학 전자정보공학 졸업(공학박사)
1994년 9월~1995년 3월 동경대학생산기술연구소 방문연구
1998년 1월~1998년 2월 일본 전기통신대학, 방문연구
1999년 7월~1999년 8월 Monash University, Australia, Visiting Research
2001년 2월~2001년 3월 Communication Research Laboratory, Japan, STA Fellowship
1996년 4월~현재 동경대학 생산기술연구소 협력연구원
1990년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
1997년 3월~현재 한국통신학회 부호 및 정보이론 연구회 운영위원
1997년 3월~현재 한국통신정보보호학회 이사 및 영남지부 부지부장
1998년 12월~현재 한국멀티미디어학회 총무이사
1999년 3월~현재 한국정보처리학회 논문지 편집위원
관심분야 : 멀티미디어 압축 및 응용, 정보보호 및 암호학